

Ce qu'il faut savoir pour naviguer sans soucis avec GPS

Par **J-P Beeckman**, Ing.
Institut Géographique National
Direction de la Géodésie, GTLA

Préambule

Le nombre de demandes de renseignements concernant l'initialisation correcte de navigateurs GPS aboutissant au service de la Géodésie de l'Institut Géographique National est en augmentation constante. Cela montre, d'une part, l'engouement que connaissent ces petites machines et, d'autre part, la nécessité pour leurs utilisateurs de comprendre certaines notions de base liées à la conception des cartes afin de tirer tout le parti offert par ces navigateurs.
Alors que la lecture d'une carte papier peut parfaitement être intuitive et que des notions comme datum géodésique, projection cartographique voire même coordonnées peuvent parfaitement être ignorées de leurs utilisateurs, il n'en va pas de même avec GPS. En effet, les données essentielles fournies par les navigateurs sont justement des coordonnées et celles-ci ne seront "parlantes" qu'à la condition de comprendre ce qu'elles veulent bien nous "dire". Le but de cet article est donc de développer brièvement les notions de base indispensables à la bonne compréhension de ces appareils étonnants, ainsi que de fournir les paramètres valables pour la Belgique.

Description du système GPS

Système militaire US

Tout d'abord, ***GPS*** sont les initiales de "***Global Positioning System***", ce qui signifie système de positionnement global, c'est à dire valable pour la terre entière. Il s'agit d'un système de satellites mis en place par le département de la défense US permettant d'acquérir, en temps réel, à la fois position, vitesse de déplacement et temps de référence précis, partout sur et aux environs immédiats de la terre. Ceci se passe de façon totalement assive, ce qui signifie qu'aucun signal n'est émis par l'utilisateur. La constellation satellitaire complète est, en principe, constituée de 24 satellites, mais actuellement (novembre 2001), nous disposons de quatre satellites supplémentaires, soit 28 satellites qui sont placés sur orbite à 20.200 km d'altitude. Leur répartition sur 6 orbites différentes a été étudiée afin de couvrir l'ensemble de la surface terrestre de façon optimale.

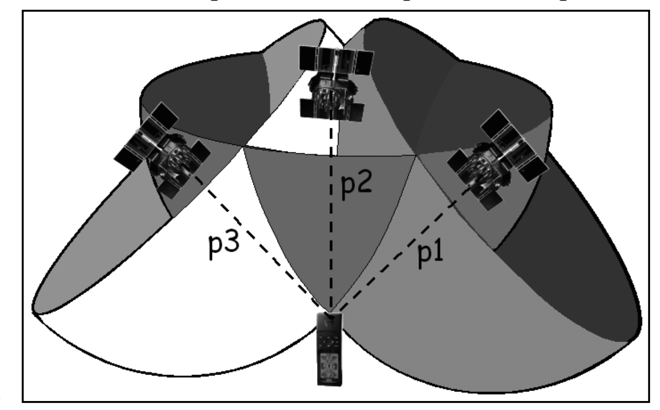


Figure 0 : relèvement spatial

Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de GPS est relativement simple. Chacun des satellites radiodiffuse un signal constitué de deux codes pseudo-aléatoires à savoir le **C/A-code** (code d'approche), et le **P-code** (code précis), ainsi que d'un code d'informations. Ce dernier contient

tous les renseignements concernant l'état des satellites (position, santé, paramètres horloges, etc...) utiles aux calculs de positionnement. Les codes pseudo-aléatoires, quant à eux, permettent de calculer instantanément la distance séparant le satellite du navigateur GPS. Le récepteur se trouve donc à l'intersection des différentes sphères ayant pour centre chacun des satellites "en vue" et pour rayon les distances calculées, ce qui peut être assimilé à un relèvement spatial (voir figure n° 1).

4 satellites nécessaires pour le positionnement

Toutefois, afin de permettre la synchronisation correcte de l'horloge interne du récepteur avec le temps de référence GPS, l'usage simultané de minimum 4 satellites est nécessaire pour un positionnement tridimensionnel. Si, pour une raison ou une autre, le nombre de satellites disponibles tombe à 3, le récepteur fixe l'altitude à la dernière valeur connue et ne calcule plus que la position horizontale. Avec moins de 3 satellites, tout positionnement devient impossible.

Signal GPS gratuit

Le "**Precise Positioning Service**" ou **PPS** est réalisé sur le P-code. La précision théorique du positionnement que l'on pourrait attendre est meilleure que 10 mètres. Malheureusement, ce code est strictement réservé aux militaires et est protégé par un cryptage approprié. Le "**Standard Positioning Service**" ou **SPS** est réalisé sur le C/A-code et est d'accès totalement libre. Ce service est, de plus, entièrement gratuit, c'est à dire qu'il est entièrement financé par le contribuable américain. Depuis le 2 mai 2000, la ***Selective Availability*** (SA) qui consistait en une dégradation volontaire de l'information radiodiffusée relative à ce service afin de réduire la précision du positionnement à 100m sur le plan horizontal et 150m sur l'altitude, a été supprimée. La précision théorique actuelle du SPS est donc de 13 mètres pour le positionnement horizontal (95% All-in-View Horizontal Error - SIS Only) [6] et 22 mètres en vertical (95% All-in-View Vertical Error - SIS Only) [6].

Sauts de coordonnées possibles

Cette précision s'applique à une constellation satellitaire de bonne qualité, c'est à dire lorsque la répartition des satellites autour de l'utilisateur est optimale, géométriquement parlant. L'écart entre les coordonnées fournies par GPS et les coordonnées réelles est totalement aléatoire et varie de façon assez régulière, tant qu'il n'y a pas de modification importante dans la constellation utilisée. Lorsque certains satellites sont brusquement occultés par un obstacle, il peut y avoir des sauts de coordonnées importants qui sont, en général, interprétés par le navigateur comme un déplacement. Peuvent aussi apparaître, à ces moments-là, des variations de vitesse bizarres. Ces phénomènes disparaissent dès que le navigateur retrouve une constellation stable.

Les coordonnées

Le système GPS permet donc de se positionner sur la terre en fournissant à l'utilisateur des coordonnées. Celles-ci peuvent être de deux types :

1. soit les coordonnées géographiques (mieux connues en tant que longitude et latitude) qui sont intimement liées au datum géodésique. Les notions liées à ce type de coordonnées sont développées dans le paragraphe « **Notions de base de Géodésie** ».

2. soit les coordonnées planes ou rectangulaires qui sont indissociables des systèmes de projection plane. Les notions relatives aux coordonnées planes sont, quant à elles, présentées dans le paragraphe « **Notions de base de Cartographie** ».

1) Notions de base de Géodésie

Avant de rentrer dans le vif du sujet, et donc de passer en revue les différentes possibilités qui existent pour exprimer les coordonnées, voyons tout d'abord comment représenter la terre.

Le géoïde

La première approximation de la forme réelle de la terre est le géoïde. Il s'agit d'une surface dite équipotentielle du champ de la pesanteur (c'est à dire une surface sur laquelle l'eau est en équilibre). Celle-ci est affectée de creux et de bosses : elle est donc totalement irrégulière. On peut l'imaginer comme étant le niveau moyen des océans et son prolongement imaginaire sous les continents. Cette surface, dont la définition mathématique est relativement complexe, est d'un usage peu aisé, et son utilisation est réservée à des applications scientifiques. Pour les besoins de la cartographie et du positionnement, une forme beaucoup plus simple lui sera préférée : l'ellipsoïde de révolution.

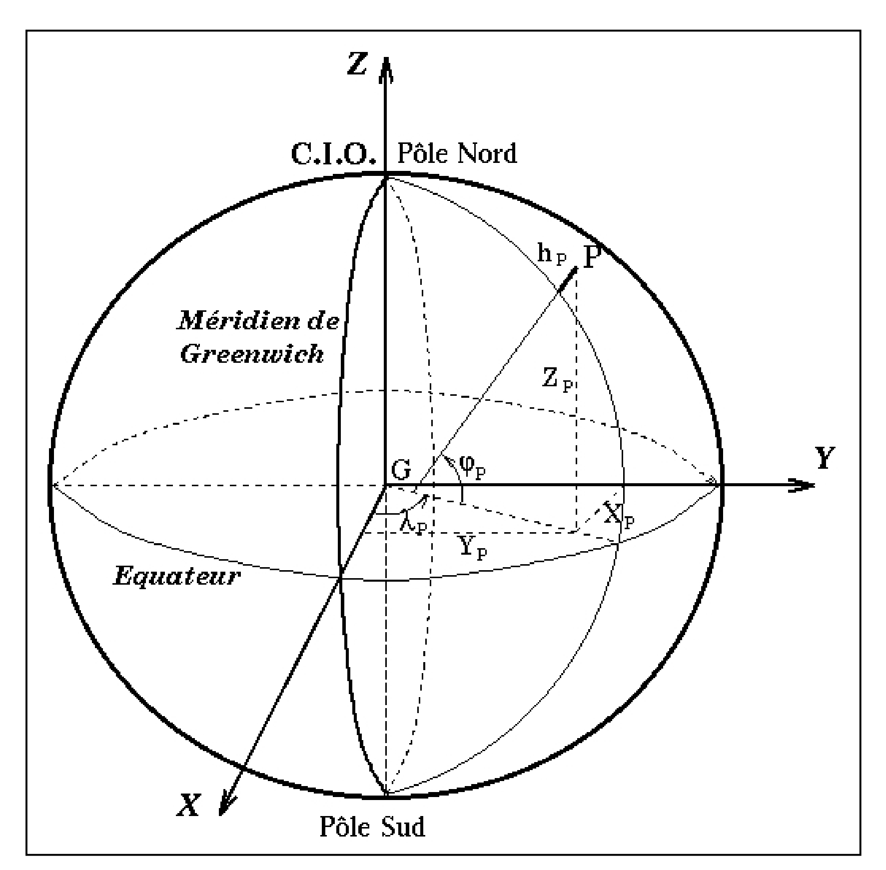


Figure 1 : le système de référence WGS84

Les ellipsoïdes de révolution

Il s'agit, en gros, d'une sphère légèrement aplatie aux pôles. Dans le passé, la détermination des formes et dimensions des différents ellipsoïdes s'est faite en fonction de l'évolution des techniques, mais aussi en fonction d'impératifs locaux. La détermination des seuls paramètres de l'ellipsoïde n'est pas suffisante : il faut encore, au point fondamental, l'orienter (par orientation astronomique) et le positionner correctement en fonction du champ de la pesanteur. L'ensemble de ces paramètres forme ce qu'on appelle en géodésie le **datum géodésique**. Les ellipsoïdes sont choisis afin de minimaliser l'écart avec le géoïde. Or l'une de leur particularité est de ne minimaliser cet écart que localement. On comprend donc que les datum géodésiques

soient différents pour chaque pays. Par conséquent, les centres de tous ces ellipsoïdes sont à chaque fois différents, et ne coïncident pas avec le centre de masse de la terre.
Dans le cas de GPS, par contre, les satellites sont dynamiquement liés au centre de masse de la terre ; c'est donc en toute logique que le système de référence utilisé, auquel est lié l'ellipsoïde ***WGS84*** (***World Geodetic System***), soit géocentrique. (voir figure n°2)

Les coordonnées géographiques

Il est possible de se positionner directement sur un ellipsoïde par l'intermédiaire des coordonnées géographiques exprimées par les l**ongitudes** et **latitudes** représentées respectivement par les lettres grecques λ et φ. Sur la figure 2, on remarque que la longitude est, dans le plan de l'équateur, l'angle λ_P pris entre le méridien de référence (en général Greenwich) et le méridien du lieu considéré. La longitude se compte de 0° à 180° de part et d'autre du méridien origine vers l'est ou l'ouest. La latitude est l'angle φ_P entre le plan de l'équateur et la verticale abaissée depuis le lieu considéré. La latitude se compte de 0° à 90° de part et d'autre de l'équateur vers le nord ou le sud. Si le segment de méridien intercepté par un angle de 1'' en latitude reste relativement constant (environ 30 mètres), il n'en va pas de même avec la longitude. A l'équateur, 1'' correspond également à environ 30 mètres, mais cette valeur décroît avec la latitude pour atteindre zéro aux pôles. En Belgique, 1'' de longitude représente environ 20 mètres.

Les coordonnées cartésiennes géocentriques

Sur cette même figure n°2, on remarque également qu'aux coordonnées géographiques φ_P, λ_P et h_P (hauteur au-dessus de l'ellipsoïde) du point P, correspondent les coordonnées cartésiennes géocentriques X_P, Y_P et Z_P. Ces dernières, citées ici surtout par souci d'exhaustivité, sont peu utilisées car elles ne sont pas pratiques à l'usage : les différences de coordonnées entre deux points ne sont pas représentatives des différences de latitude et de longitude.

Importance du choix du datum géodésique

Les coordonnées géographiques sont intimement liées à un ellipsoïde et par conséquent à un datum géodésique. Il est donc primordial de définir correctement ce datum géodésique afin d'utiliser correctement les coordonnées géographiques. En effet, les mêmes longitudes et latitudes exprimées dans des datums différents correspondent à des points différents qui peuvent être éloignés de plusieurs centaines de mètres et donc dépasser de loin la précision attendue de GPS. C'est pour cette raison que les fabricants de navigateurs proposent une certaine quantité de datum différents, ceci dans le but de permettre un usage aisé de ces appareils dans les différentes régions du monde.

En Belgique

A l'heure actuelle, suivant les circonstances décrites ci-après, on peut retrouver sur les cartes de l'Institut Géographique National belge un des deux datums suivants :

1. Sur les cartes numériques au 1/50.000 éditées après 1994 ainsi que sur la carte générale de Belgique au 1/250.000 qui sera publiée au début de 1998, les coordonnées géographiques sont exprimées sur le datum géodésique WGS84 (mentionné sur ces cartes « World Geodetic System 1984 » - voir figure n°3), soit le datum associé à GPS.

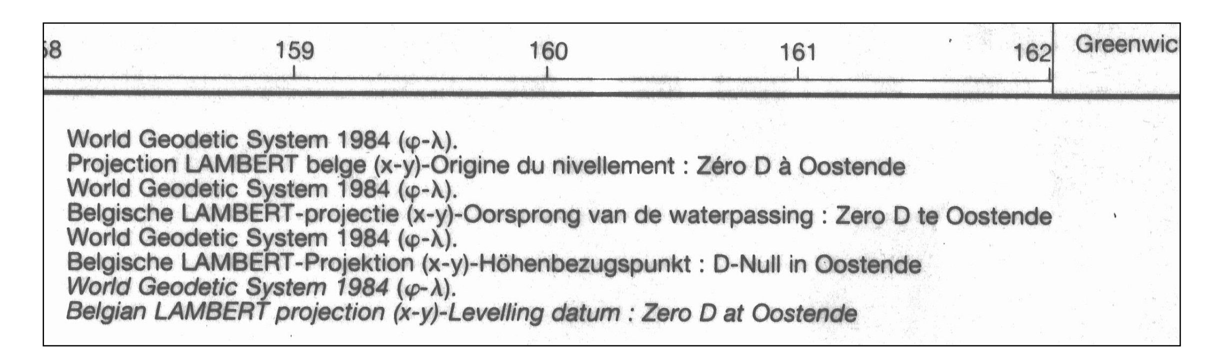


Figure 2 : référence au datum WGS84

2. Le datum géodésique utilisé pour les coordonnées géographiques indiquées sur l'ensemble des autres cartes éditées par l'IGN est l'***European Datum 1950*** ou ***ED50*** (mentionné sur ces cartes « RESEAU GEODESIQUE EUROPEEN UNIFIE 1951 » - voir figure n° 4). Il s'agit d'un datum géodésique commun à toute l'Europe de l'Ouest créé à la demande des américains suite aux problèmes rencontrés avec les cartes européennes durant la deuxième guerre mondiale. Les particularités de ce datum sont le choix de *l'ellipsoïde international* (aussi appelé *ellipsoïde de Hayford 1924*) et le choix du point fondamental à *Potsdam* en Allemagne. Il s'agit d'un datum utilisé pour la plupart des coordonnées géographiques représentées sur les cartes officielles des pays d'Europe de l'Ouest.



Figure 3 : référence au datum ED50

Quoi qu'il en soit, dans la marge de toutes les cartes de l'Institut Géographique National belge, de même que sur la plupart des cartes officielles étrangères, il est toujours fait mention du datum géodésique utilisé (voir exemples des figures 3 et 4).

2) Notions de base de cartographie

La représentation de la surface de la terre sous forme de carte présente un problème car l'ellipsoïde de révolution n'est pas développable en surface plane. Il n'existe en fait que 3 surfaces qui peuvent être développées en surfaces planes sans déformations supplémentaires : le plan, bien sûr, mais aussi le cône et le cylindre. Ce sont donc ces trois surfaces qui seront utilisées pour représenter la terre ou une partie de celle-ci au moyen des **systèmes de projection**. Les déformations, inévitables, dues à la projection sont minimalisées aux environs des zones de contact entre l'ellipsoïde et la surface de projection. Le cylindre et le cône sont utilisé afin d'augmenter cette zone de contact.

Les coordonnées planes

Les coordonnées planes, aussi appelées coordonnées rectangulaires, sont relevées suivant deux axes perpendiculaires situés dans le plan de projection. Elles sont donc intimement liées à ce système de projection. Au point fondamental du réseau, l'axe dirigé vers le nord se confond avec le méridien fondamental. A cet endroit, la direction du Nord de la carte est donc identique à celle du pôle Nord géographique (intersection de la surface terrestre et de l'axe de rotation de la terre ≠ pôle Nord magnétique). Une fausse origine est choisie à ces systèmes d'axes, ceci afin d'éviter les coordonnées négatives.
Comme on l'a vu, la projection cartographique entraîne des déformations entre la réalité et sa représentation sur carte. Les systèmes mis en œuvre s'efforcent de minimaliser ces déformations pour la zone représentée. Ils présentent toutefois un inconvénient : l'erreur due à la convergence des méridiens. En effet, les axes de coordonnées étant perpendiculaires entre eux, au plus on s'éloigne vers l'est ou l'ouest par rapport au méridien fondamental, au plus l'angle entre le Nord de la carte et la direction du pôle Nord géographique (direction du méridien local) est important, ce qui explique les différences d'alignement visibles sur les cartes entre les carroyages des coordonnées géographiques et ceux des coordonnées planes.

Les coordonnées planes en Belgique

En Belgique, 2 systèmes de coordonnées planes sont représentés sur les cartes éditées par l'Institut Géographique National :

<u>A) Lambert 72</u>

Le système de projection utilisé pour la représentation des cartes éditées par l'IGN est la projection conique conforme (càd qui conserve les angles) de Lambert utilisée avec un datum spécifique à la Belgique : le **Belgian datum 1972** (**BD72)**. Tout comme ED50, BD72 utilise aussi l'ellipsoïde international, mais son point fondamental est situé à l'Observatoire Royal de Belgique à Uccle. Cette projection donne lieu aux coordonnées rectangulaire connues sous le nom de **Lambert 72** et est représentée par les lettres *x* et *y*. L'origine de ce système d'axe est choisie arbitrairement quelque part dans le Nord de la France, à 150 km à l'ouest du méridien fondamental et 5400 km au sud du sommet du cône de projection ceci afin d'éviter les coordonnées négatives sur le territoire belge. Dans le système conforme "Lambert 72", les angles sont donc conservés et la correction maximale sur les distances est d'environ 9 cm par km, ce qui est totalement indécelable à l'échelle de la carte.

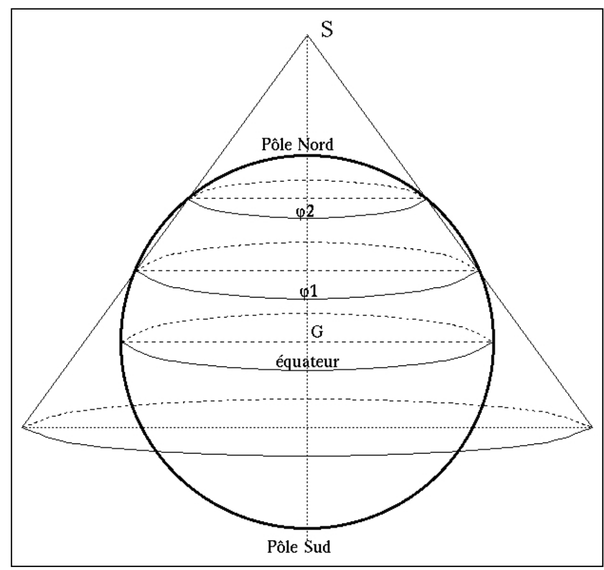


Figure 4 : projection conique

B) La projection Universal Transverse Mercator (UTM)

Il s'agit d'un système de projection cylindrique valable pour la terre entière entre 84°N et 80°S. L'axe du cylindre est perpendiculaire à l'axe de rotation de la terre, d'où l'appellation "transverse". La zone de contact entre le cylindre et l'ellipsoïde est donc un méridien. Au plus on s'éloigne du méridien, au plus les déformations sont importantes ; c'est pourquoi on limite la zone cartographiée à une ampleur de 6° de longitude. Pour cartographier l'ensemble de la terre avec un tel système, 60 fuseaux, numérotés de 1 à 60, seront donc nécessaires. La Belgique se trouve, pour sa plus grande partie, dans le fuseau ***UTM 31*** qui couvre la zone comprise entre le méridien de Greenwich et 6° Est. Le territoire belge situé au-delà de 6° Est (les cantons de l'Est), se trouve dans le fuseau ***UTM 32***. Toutefois, une zone de chevauchement de 30' est prévue. Celle-ci est située de part et d'autre du méridien de contact entre 2 fuseaux, soit de 5°30'E à 6°30'E en Belgique.

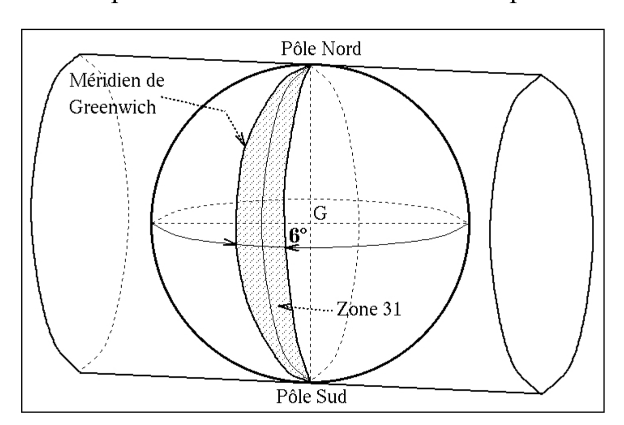


Figure 5 : projection UTM

3) Problème de l'altitude GPS

Comme indiqué plus haut, le navigateur GPS détermine ses coordonnées tridimensionnelles par rapport au système de référence WGS 84. L'altitude ainsi obtenue est la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde associé à ce système de référence (*h* de la fig. 7)
Par contre, l'altitude mentionnée sur les cartes est une altitude orthométrique (*H* de la fig.7), c'est à dire la hauteur au-dessus du géoïde qui correspond en Belgique à la référence altimétrique zéro, à savoir le niveau moyen des basses mers à Ostende. L'ellipsoïde WGS 84 est situé en dessous du géoïde à une hauteur variant de ≈42 m à la côte à ≈45 m dans le sud-est du pays. Cette différence, appelée dénivelée géoïdale (*N* de la fig. 7), s'ajoute donc à l'erreur sur l'altitude GPS (≈150 m avec le SPS). Des écarts d'environ 200 mètres par rapport à l'altitude de la carte sont tout à fait possible. Si l'utilisateur attache une importance à l'altitude, l'usage d'un altimètre conjointement à GPS s'avère indispensable.

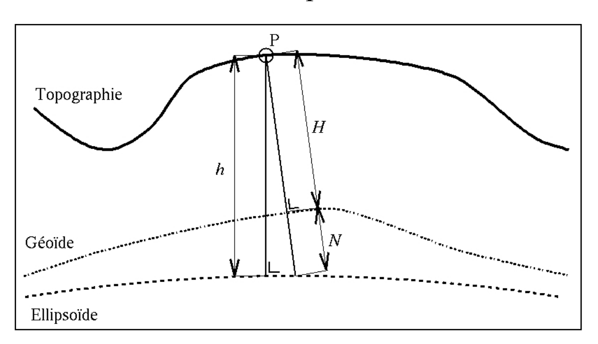


Figure 6 : dénivelée géoïdale

Comment initialiser son récepteur GPS

Démarrage du navigateur

L'introduction des coordonnées locales approchées facilite le démarrage du navigateur et permet un gain de temps appréciable dans la recherche des satellites disponibles. En général, cette possibilité est présente sur tous les navigateurs sous différentes formes (localisation sur carte, sélection du pays dans un menu,…), il faut donc se référer au manuel d'utilisation.

Réglage de l'heure locale

L'heure à laquelle GPS se réfère est propre au système : le temps GPS. Les écarts entre ce temps de référence et **UT** (Universal Time) sont connus et fournis en permanence par le signal radiodiffusé. Par défaut, c'est UT qui est présenté sur les navigateurs. Pour des raisons pratiques évidentes, l'affichage de l'heure locale s'impose. En Belgique les corrections à apporter sont "**+1 heure**" en hiver, et "**+2 heures**" lors du passage à l'heure d'été.

Présentation des coordonnées

Par défaut, les coordonnées présentées sont les longitudes et latitudes exprimées dans le système de référence de GPS soit en WGS84. Les fabricants ont cependant prévu dans l'installation de base de leurs récepteurs GPS différents datums géodésiques ainsi que plusieurs systèmes de coordonnées planes souvent désignés sous le vocable de **"grid"**, mot anglais désignant le carroyage. Ces différentes options permettent l'utilisation des navigateurs GPS avec la plupart des cartes produites de par le monde. L'initialisation du navigateur GPS passe donc obligatoirement par les deux étapes décrites plus en détail ci-après, à savoir le choix cohérent du datum géodésique et du carroyage.

Les étapes à suivre :

a) Le choix du datum géodésique

En fonction du pays, et par conséquent des cartes sur lesquelles on désire travailler, il faut commencer par choisir le datum géodésique correspondant aux coordonnées de cette carte. Cette indication figure, en principe, sur la carte utilisée. Le choix de ce datum est possible dans le "**setup**" (= menu d'initialisation) du navigateur GPS. Cette option est souvent dénommée "**Map Datum**". Les fabricants offrent un large choix de base : le nombre de datums fournis varie de 70 à plus de 100 en fonction des différents appareils et marques.

b) Le choix de la présentation des coordonnées

Lorsque le datum est correctement installé, l'utilisateur a le choix quant à la présentation de la position déterminée par le récepteur GPS : soit les coordonnées géographiques, soit les coordonnées planes ou "grids".

Lorsque son choix se porte sur les coordonnées géographiques, celles-ci étant intimement liées au datum géodésique, le seul problème qui reste à résoudre est le choix de leur présentation. En effet, elles peuvent souvent être présentées sous différents formats : soit en degrés décimaux, soit en degrés et minutes décimales ou encore en degrés, minutes et secondes décimales. Pour plus de commodité, il conviendra de choisir la même présentation que sur la carte.

Par contre, lorsque son choix se porte sur un système de coordonnées planes, il faut évidemment qu'il se porte sur un carroyage représenté sur la carte utilisée. Malheureusement, le choix de base fourni par les fabricants est relativement limité (rarement plus d'une dizaine de grids). Il faut donc que le système désiré soit proposé de base ou bien qu'il soit programmable, ce qui n'est pas le cas de tous les appareils présents sur le marché. Dans ce cas-ci aussi, il faut se référer aux indications portées sur les cartes. Le choix du "grid" se fait également dans le menu "**setup**" du navigateur GPS. A titre d'exemple, cette option est dénommée "**Coord system**" chez *Magellan* ou encore "**Position frmt**" chez *Garmin*.

En Belgique

Les coordonnées présentes sur les cartes

Les amorces des coordonnées géographiques, ainsi que des coordonnées planes Lambert 72 sont présentes dans la marge de toutes les cartes éditées par l'IGN.
En ce qui concerne le grid UTM, sa présence est variable en fonction des éditions et des échelles :

- Il ne figure jamais sur les cartes aux échelles 1/10.000, 1/100.000 et 1/250.000.
- Les cartes aux échelles 1/25.000 et 1/50.000 non numériques éditées il y a quelques années, l'étaient dans 2 versions, avec et sans le carroyage UTM. Actuellement certaines de ces cartes sont toujours disponibles, et lors d'un achat, si l'on désire utiliser les coordonnées UTM, il faut donc s'assurer que celles-ci y figurent.
- Les cartes numériques de production récente aux échelles 1/20.000 et 1/50.000 présentent toutes le grid UTM.

Lorsqu'il existe, le carroyage UTM est représenté sous forme d'un quadrillage complet en surimpression avec des mailles de 1km x 1km aux échelles 1/20.000 numérique, 1/25.000 ainsi que 1/50.000 ancienne édition. Il figure avec des mailles de 2km x 2km à l'échelle 1/50.000 numérique. L'utilisateur de nos cartes a donc le choix entre ces trois systèmes de coordonnées.
Il faut également signaler que les coordonnées géographiques et UTM utilisent toujours le même datum géodésique, tandis que le système Lambert 72 utilise un datum belge spécifique.

I) Coordonnées Lambert 72

Les cartes de l'IGN belge sont présentées dans la projection plane **Lambert 72**. Les amorces de ces coordonnées planes figurent toujours dans leur marge, mais malheureusement, à ma connaissance, ni le grid Lambert 72, ni le datum qui lui est associé (BD72), n'existent comme option sur aucun des navigateurs GPS. Cependant, certaines machines plus performantes offrent la possibilité de programmer un datum ainsi qu'un grid utilisateur permettant de définir les paramètres propres à Lambert 72. Attention toutefois, pour ce faire, il faut obligatoirement disposer de l'option ***projection conique de Lambert à deux parallèles***. Si l'utilisateur désire travailler dans ce système de coordonnées, il lui suffira de suivre les instructions suivantes :

Programmation du datum géodésique et du carroyage :

Il existe plusieurs possibilités pour programmer la projection Lambert belge. Le choix de l'une des propositions suivantes dépendra du navigateur employé :

1. La ***transformation d'Helmert à 7 paramètres*** est, en général, utilisée dans les logiciels géodésiques, mais pourrait parfaitement être utilisée dans les appareils supportant le ***DGPS*** (Differential GPS). Ces 7 paramètres définissent la translation entre les centres des deux ellipsoïdes (3 paramètres : *dx, dy* et *dz*), une rotation sur chacun des 3 axes (*rx, ry* et *rz*) et enfin un facteur d'échelle (*k*). Les sept paramètres sont utilisés pour passer du datum WGS84 à BD72. Il faut encore leur adjoindre un ellipsoïde : en Belgique, il s'agit de ***l'ellipsoïde International*** (***Hayford 24***), éventuellement défini à la demande du logiciel par les paramètres *da* et *df* décrits dans la transformation de Molodensky. Les paramètres à utiliser dans le cas présent pour la programmation de la projection Lambert 72 sont décrits au **point 1** du diagramme de l'annexe 2.

2. La plupart des navigateurs utilisent la ***transformation de Molodensky à 5 paramètres*** permettant de définir le datum utilisateur à partir des paramètres de l'ellipsoïde WGS 84. Le niveau de précision atteint par ce type de transformation est amplement suffisant pour les coordonnées obtenues par les navigateurs GPS. Les 3 paramètres *dX*, *dY* et *dZ* définissent la translation entre les centres de deux ellipsoïdes. Le paramètre *da* est la différence entre leurs deux demi-grands axes et *df* représente la différence entre leurs aplatissements. Ces

deux derniers paramètres ne varient pas dans les cas qui nous intéressent, car ils sont liés aux ellipsoïdes. Par contre, pour des raisons inhérentes à la projection de Lambert belge de 1972, considérations qui sortent du cadre de cet article, en ce qui concerne les paramètres de translation, il est préférable, dans certains cas, d'utiliser l'ancienne projection Lambert 50 au lieu de la projection actuelle Lambert 72. Ce choix sera dicté par la programmation des éléments de la projection conique de Lambert dans le menu "coordinate setup" du navigateur. Deux cas peuvent se présenter :

(a) Si l'origine du système de projection est considérée comme étant le sommet du cône (la valeur de 90° est acceptée pour l'élément "origin of latitude"), il faudra utiliser les 5 paramètres pour le datum BD72 conjointement aux éléments de la projection Lambert 72. Ces paramètres sont détaillés au **point 2** du diagramme de l'annexe 2.

(b) Si l'origine du système de projection est considérée comme étant le centre de projection (la valeur de 90° n'est pas acceptée pour l'élément "origin of latitude"– cas des appareils *Magellan*), il conviendra d'utiliser les paramètres convenant pour le datum BD50, conjointement aux éléments de l'ancienne projection Lambert 50. Ces paramètres sont présentés au **point 3** du diagramme de l'annexe 2. Ici aussi, la perte de précision ne nuira pas à la qualité des coordonnées obtenues par le navigateur GPS.

II) Coordonnées géographiques et UTM

a) Choix du datum géodésique :

Si l'utilisateur désire utiliser soit les coordonnées géographiques, soit les coordonnées planes UTM, le datum est commun, seule la présentation du grid diffère. En fonction des cartes utilisées, deux datums géodésiques peuvent être utilisés. Le choix doit être fait en fonction des indications mentionnées sur les cartes :

- **WGS 84 :** sur les cartes numériques à l'échelle du 1/50.000 éditées après 1994.
- **ED 50 :** sur toutes les autres cartes (ED 50 est parfois dénommé **European 1950** ou **European Datum 1950**).

WGS84 étant le système de référence de GPS, et ED50 étant couramment utilisé en Europe, ces deux datums ne présentent aucun problème car ils font partie de ceux proposés par pratiquement tous les fabricants.

b) Choix du carroyage :

1) Les coordonnées géographiques :

Il suffit, dans ce cas-ci, d'opter simplement pour le format d'angle correspondant à celui de la carte. Sur les cartes IGN, seules les amorces des coordonnées géographiques sont indiquées dans la marge toutes les 30'', mais la lecture en est malaisée du fait que, d'une part, le carroyage dont les mailles sont d'assez grande taille, n'est pas parallèle avec les axes de la carte et que, d'autre part, les distances intersectées par une longitude ou une latitude donnée sont différentes, et, de plus, varient en fonction de l'endroit considéré du pays (rappel : à notre latitude, 1'' de longitude représente ±20m, tandis que 1'' de latitude représente ±30m).

Il s'agit du seul choix possible si le grid UTM n'est pas mentionné sur carte et si le navigateur GPS n'offre pas la possibilité de travailler en Lambert 72.

2) Les coordonnées planes **UTM** :

Sur la plupart des navigateurs GPS, le grid UTM constitue une option de base désignée sous l'appellation "**UTM**" ou aussi "**UTM/UPS**", et, ce qui ne gâte rien, ce système de coordonnée, associé avec le datum ED 50, est présent sur de nombreuses cartes de pays européens. De plus, la présentation qui en est faite sur les cartes belges rend son usage particulièrement aisé. La localisation des coordonnées peut très facilement se faire à l'aide d'une grille transparente (voir: annexe 1 :exemples de grilles pour différentes échelles) correspondant à la maille UTM de la carte utilisée.

Information complémentaire

Toute information concernant ce sujet, ainsi qu'une copie de cet article peuvent être obtenus en prenant contact avec Jean-Pierre Beeckman ou Pierre Voet :

Institut Géographique National
Direction de la Géodésie – GTLA
13, Abbaye de la Cambre
1000 Bruxelles
Tél. : 02/629.84.31 ou 32
Fax. : 02/629.84.50
E-mail : jpb@ngi.be ou pvo@ngi.be

Bibliographie

[1] Beeckman Jean-Pierre, ***Le "Global Positioning System"***, Bruxelles, IGN-B, 1995, 40p.

[2] IGN (Centre de formation), ***Systèmes de référence et formules de transformation en usage en Belgique***, Bruxelles, IGN-B, 1989, 48p.

[3] Jouret Bernard, ***Les projections : systèmes de représentation plane de l'ellipsoïde ou de la sphère,*** Bruxelles, IGN-B, 1995, 59p.

[4] Prils Herman, ***Systèmes géodésiques de référence, datums et projections cartographiques,*** Bruxelles, IGN-B, 75p.

[5] Van Den Herrewegen Marc, ***La Topographie,*** Bruxelles, Université Libre de Bruxelles, 1995-1996, 153p.

[6] Assistant Secretary of Defense, ***Global positioning system standard positioning service performance standard,*** October 2001, 66p – document disponible à l'URL http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/2001SPSPerformanceStandardFINAL.pdf

Annexe 1 : Exemple de grilles à différentes échelles, à utiliser avec le quadrillage UTM.

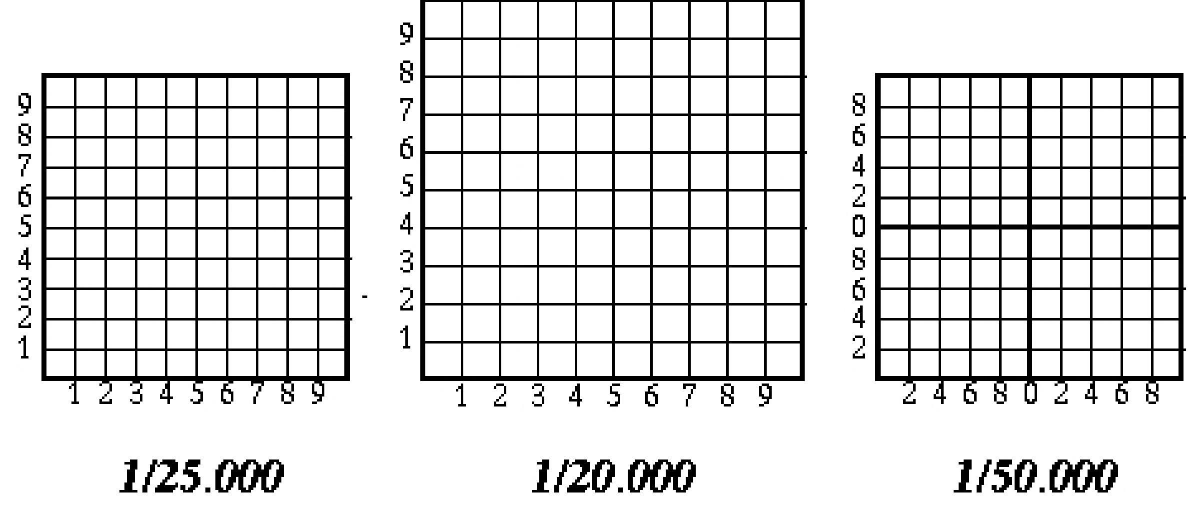
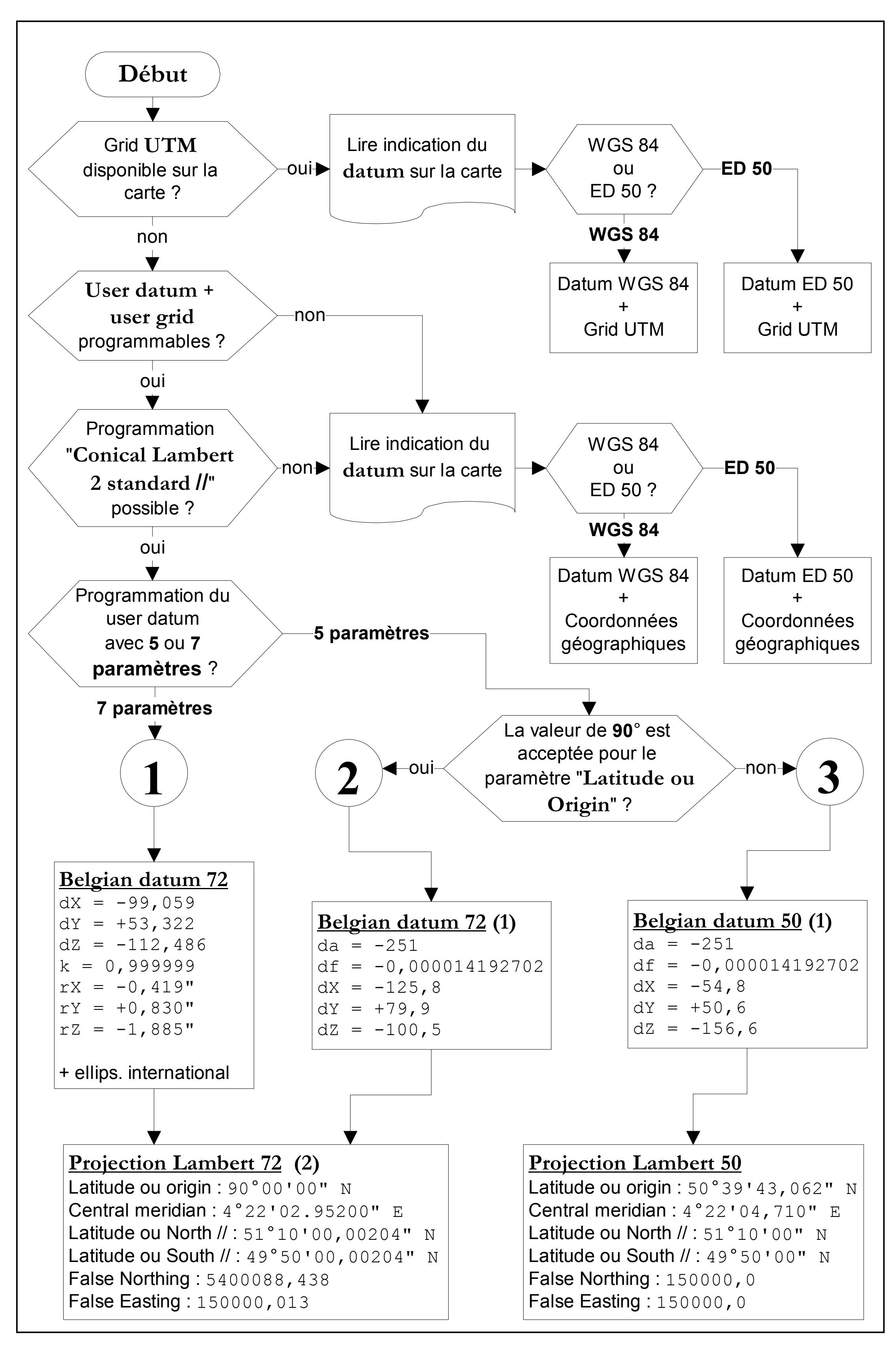


Figure 7 : grilles de lecture UTM

Annexe 2 : diagramme pour initialisation des navigateurs GPS en vue d'un usage en Belgique.



(1) Paramètres calculés par JP Mouton, Ing., chef de service de la documentation de la Géodésie à l'IGN
(2) Calculés par **J. Van Craenenbroek**, GPS Product Manager chez Van Hopplynus Instruments S.A., et publiés en mars 1994 sous le titre « **Formulation simplifiée de la représentation cartographique de Lambert en usage en Belgique par l'utilisation d'un nouveau méridien central** ».

Institut Géographique National
Abbaye de la Cambre 13
1000 BRUXELLES
tél: + 32 2 629 82 82
Fax : + 32 2 629 82 83
email: sales@ngi.be
http://www.ngi.be